

07.11.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

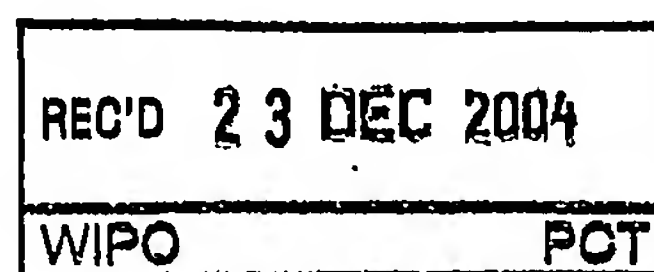
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年10月30日

出願番号
Application Number: 特願2003-370384
[ST. 10/C]: [JP 2003-370384]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

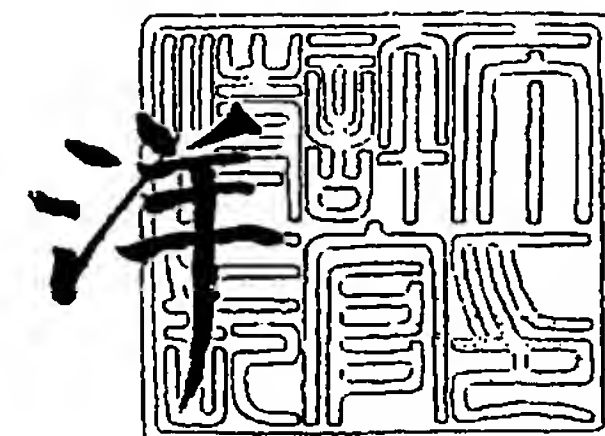


**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年12月9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2036450086
【提出日】 平成15年10月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C08G 61/00
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 脇田 尚英
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097445
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩橋 文雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103355
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂口 智康
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109667
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内藤 浩樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011305
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

金属性および半導体性の少なくとも 1 つの種を含むナノチューブ (NT) と液晶性有機化合物を少なくとも混合して、前記液晶性有機化合物の分子を配向させるとともに、前記ナノチューブの分子を配向させるように複合して形成した導電性薄膜。

【請求項 2】

前記ナノチューブは、カーボンナノチューブ (CNT) であることを特徴とする請求項 1 に記載の導電性薄膜。

【請求項 3】

前記液晶性有機化合物がネマチック液晶相およびスメクチック液晶相の少なくとも 1 種を有していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の導電性薄膜。

【請求項 4】

前記液晶性有機化合物は、電荷輸送の機能を有する化合物であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の導電性薄膜。

【請求項 5】

前記液晶性有機化合物が、 1 (6π 電子芳香族環)、 m (10π 電子芳香族環) 及び/又は n (14π 電子芳香族環)、(ただし、 $1+m+n=1\sim 4$ 、 1 、及び n はそれぞれ $0\sim 4$ の整数を表す) をコアに有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の導電性薄膜。

【請求項 6】

前記液晶性有機化合物が、2-フェニルナフタレン環、ビフェニル環、ベンゾチアゾール環、 π -チオフェン環の何れか 1 種類またはそれ以上をコアに有し、且つほぼ棒状分子構造を有することを特徴とする請求項 5 に記載の導電性薄膜。

【請求項 7】

基板上に形成された薄膜トランジスタであって、前記薄膜トランジスタの半導体層が、半導体性のナノチューブと液晶性有機半導体化合物を混合し、前記液晶性有機半導体化合物の分子を配向させるとともに、前記ナノチューブの分子を配向させるように複合して形成した複合系半導体層を含むように構成した薄膜トランジスタ。

【請求項 8】

前記半導体性のナノチューブは、半導体性のカーボンナノチューブであることを特徴とする請求項 7 に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 9】

前記液晶性有機半導体化合物の液晶相がネマチック液晶相およびスメクチック液晶相の少なくとも 1 種を有していることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 10】

前記液晶性有機半導体化合物が、 1 (6π 電子芳香族環)、 m (10π 電子芳香族環) 及び/又は n (14π 電子芳香族環)、(ただし、 $1+m+n=1\sim 4$ 、 1 、及び n はそれぞれ $0\sim 4$ の整数を表す) をコアに有することを特徴とする請求項 7 から 9 のいずれかに記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 11】

前記液晶性有機半導体化合物が 2-フェニルナフタレン環、ビフェニル環、ベンゾチアゾール環、 π -チオフェン環の何れか 1 種類またはそれ以上をコアに有し、且つ棒状分子構造を有することを特徴とする請求項 10 に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載の導電性薄膜および薄膜トランジスタの少なくとも 1 種を少なくとも画素ごとに具備する画像表示装置。

【請求項 13】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載の導電性薄膜および薄膜トランジスタの少なくとも 1 種を具備した半導体回路装置を有する電子機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】導電性薄膜および薄膜トランジスタ

【技術分野】

【0001】

本発明は、ナノチューブと液晶性有機化合物とを複合して形成した導電性薄膜、および半導体層として使用した薄膜トランジスタに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、有機化合物からなる有機電子機能材料を用いることで、シリコンを用いた高温プロセスで必要とされる高コストの設備を準備することなく、室温かそれに近い低温でのプロセスで、半導体の性質を示す有機化合物からなる有機半導体を利用した有機半導体薄膜トランジスタ（有機TFT）、有機電界発光素子（有機EL）などの薄膜デバイスや、あるいは有機系の導電性薄膜を利用した電極、配線などを実現できる可能性がある。また、上記薄膜デバイスなどを形成する基板として、機械的フレキシビリティがあり、しなやかな性質を有するプラスチック基板や樹脂フィルムなどを使用すれば、シートライクな、あるいはペーパーライクなディスプレイや電子機器などを実現できる可能性がある。

【0003】

従来の有機電子機能材料技術の1つとして、チオフェン系などの高分子系有機半導体材料など、特に、分子性結晶を除いた有機化合物からなる有機半導体は、 $0.003 \sim 0.01 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ という依然として低いキャリア移動度であり、実用的ではない。また、高精細な画像表示装置やLSIなどの構成のためには、半導体層としてキャリア移動度をさらに向上させる必要がある。また、電極や配線の形成のためには、さらに高い電気伝導率を有する有機材料ベースの有機電子機能材料とする必要がある。

【0004】

一方、ナノ構造からなるナノチューブ（NT）、特にカーボン（C）から作成された無機化合物であるカーボンナノチューブ（CNT）は、導電性が非常に良好で、機械的強度が高く化学的熱的にもたいへん安定しており、昨今多くの研究がなされている。カーボンナノチューブは、ナノメートルオーダーである極小の直径と、ミクロンオーダーの長さを有していて、アスペクト比が非常に大きく、理想的な1次元システムに限りなく近い。カーボンナノチューブには、分子構造の対象性により直径と螺旋度に応じて、高電気伝導率を有する金属性、または直径に反比例する大きさのバンドギャップを有する半導体性の性質を有するものが作成される。通常、カーボンナノチューブは、その合成の際に上記金属性のものと半導体性のものが、例えば約1：2などの比率で含まれたカーボンナノチューブ混合物として作成される。金属性のカーボンナノチューブは、高い電気伝導率の値を有しているので良好な配線材料やその他の微小な形状のデバイスの導電性部分などに使用できる可能性がある。また、少なくともカーボンナノチューブを上記薄膜トランジスタの半導体層などとして利用する場合には、半導体性のものを使用する必要がある。その半導体性のカーボンナノチューブを半導体層として形成した薄膜トランジスタは、チャネルのキャリア移動度が大きく、 $1000 \sim 1500 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ というたいへん高い値が得られている。

【0005】

上記のような高い値のキャリア移動度を有するカーボンナノチューブを使用した従来の技術として、直径約1.4 nmのカーボンナノチューブを適度の分散密度で分散配置し、約1.4 nmの厚さの半導体層を形成するナノチューブ型の薄膜トランジスタの研究が報告されている（例えば、非特許文献1参照）。

【0006】

図6は、従来例のカーボンナノチューブを使用した薄膜トランジスタの構成を示す断面概念図である。非特許文献1によれば、図6に示すように、薄膜トランジスタ60は、ゲート電極を兼ねる p^+ シリコン基板61上の熱酸化シリコンからなる厚さ150 nmのゲート絶縁膜62上に、直径1.4 nmの半導体系カーボンナノチューブを適度の分散密度

で分散配置し、厚さ 1.4 nm の半導体層 63 を形成している。そして、半導体層 63 の上に、チタン (Ti) あるいはコバルト (Co) 金属を蒸着し、カーボンナノチューブとのコンタクト部 66、67 がチタンカーバイドあるいはコバルトからなるソース電極 64、ドレイン電極 65 を両側に形成することで、チャンネルのキャリア移動度が大きい値を有し、良好な特性を有するナノチューブ型のトランジスタとしている。

【0007】

しかし、非特許文献 1 の技術により、優れた特性を有する上記ナノチューブのみを、その分散密度を一定にして分散したり、さらに形状が極小の TFT 構造において、ナノ構造の多数本のナノチューブのみを重ねずに並列配列させて固定することは、製造プロセス的に困難であり、さらにプラスチック基板のようなしなやかなフレキシブル基板上で、ナノチューブのみからなる半導体層形成プロセスを進めることは困難である。

【0008】

プラスチック基板や樹脂フィルムなどは、フレキシブルで耐熱性が低い基板である。低温プロセスが可能でフレキシブルな有機材料の特質を兼ね備えた材料として、かつ有機化合物とナノチューブのそれぞれの上記性質を補うために、上記基板上に、有機化合物とナノチューブとを混合して複合した複合系化合物により、導電性薄膜あるいは複合系半導体層を有する半導体層を作成し、その電気伝導率あるいはキャリア移動度を向上させることができる。

【0009】

しかし、従来、有機化合物とナノチューブとを複合した複合系化合物を形成する場合、有機化合物とナノチューブとを単に混合する方法では、略一次元形状のナノチューブの分子が内部でバラバラに配列する、あるいは配向処理によってナノチューブ分子を配向させてもその配向度が低い。従って、従来の複合系化合物から形成される導電性薄膜あるいは半導体層においては、ナノチューブ分子の混合充填密度やナノチューブ分子間の電子的な接合点密度は低いものになり、例えば、従来の複合系化合物により形成した導電性薄膜の電気伝導率は、約 $10 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ のような低い値しか得られず、電気伝導率やキャリア移動度を向上させるには限界があるという問題があった。

【0010】

また、フラットパネルディスプレイなどで使用される薄膜トランジスタは、一方の面に分離したソース電極とドレイン電極を、他方の面にチャンネルに対してほぼ中央の位置に占めるゲート電極によってチャンネルが定義される半導体層を伴って構成される。通常、TFT デバイスの構造は、基板上の層を精密に制御加工して構成する薄膜制御プロセスにより作製される。これらの TFT には、優れたキャリア移動度の半導体層の形成が求められる。従って、さらに微小な回路デバイスや高性能電子デバイスや配線材料として、さらに優れた特性を持つ有機系の電子材料として供するためには、そのキャリア移動度や電気伝導率をさらにより向上させる必要がある。

【0011】

そのためには、有機化合物と複合させた複合系化合物に含まれる、少なくとも高いキャリア移動度や電気伝導率を有するナノチューブの分子や有機化合物の分子を、簡単な方法によって、所定の方に配向度をより向上させて密に良好に配向させることにより、ナノチューブの混合充填密度やナノチューブ分子間の電子的な接合点密度をさらに向上させ、電子やホールの流れをより滑らかにさせる必要がある。

【0012】

その内部の材料分子をより良好に密に配向させた、かつ有機材料の特質を有した複合系化合物から形成した電気伝導率がさらに高い導電性薄膜や、上記複合系化合物から形成した複合系半導体層を有したキャリア移動度がさらに高い半導体層の実現と、これらを利用した微小な薄膜トランジスタや、これらを使用した高精細ペーパーライクディスプレイ、超小型電子機器などが望まれている。

【非特許文献 1】 Phaedon Avouris, Chem. phys. 281, pp. 429-445 (2002)、Fig. 6 “Carbon nanotub

e e l e c t r o n i c s ”

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

非特許文献1では、薄膜トランジスタにおいて、ナノチューブを適度の分散密度で分散配置し、キャリア移動度が大きい値を有するナノチューブからなる半導体層を設けて構成している。しかし、その製造において、ナノチューブの分散密度を一定にして分散したり、さらに形状が極小のTFT構造において、ナノ構造の多数本のナノチューブを重ねずに並列配列させて固定することは製造プロセス的に困難であり、さらにプラスチック基板のようなしなやかな基板を使用してナノチューブのみからなるプロセスを進めることは困難であるという問題があった。

【0014】

また、キャリア移動度が低い高分子系有機半導体材料などの有機化合物とキャリア移動度が高いナノチューブとを混合して複合した複合系化合物を有する導電性薄膜を形成して、有機化合物とナノチューブのそれぞれの性質を補うことができる。しかし、上記複合系化合物からなる導電性薄膜あるいは半導体層の形成において、有機化合物とナノチューブとを単に混合するだけでは、略一次元形状のナノチューブ分子が互いにバラバラな方向に、従って疎に配列するので、あるいは配向処理によってナノチューブ分子を配向させてもその配向度が低い。従って、複合系化合物からなる導電性薄膜あるいは複合系半導体層は、ナノチューブ分子の混合充填密度やナノチューブ分子間の電子的な接合点密度が低いものになり、導電性薄膜や半導体層の電気伝導率やキャリア移動度を向上させるには限界があるという問題がある。

【0015】

本発明は、このような問題に鑑みなされたもので、有機材料の特質を有した複合系化合物内部の有機化合物の分子とナノチューブの分子をより良好に密に配向させて形成することにより、電気伝導率やキャリア移動度をさらに高くした導電性薄膜や半導体層の実現と、これらを利用した薄膜トランジスタを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、前記課題を解決するために、以下の手段を採用した。

【0017】

すなわち、本発明の導電性薄膜は、金属性および半導体性の少なくとも1つの種を含むナノチューブ（NT）と液晶性有機化合物を少なくとも混合し、液晶性有機化合物の分子を配向させるとともに、ナノチューブの分子を配向させるように複合して形成することを要旨とする。具体的には、ナノチューブは、カーボンナノチューブ（CNT）であることを特徴とするものである。また、液晶性有機化合物がネマチック液晶相およびスメクチック液晶相の少なくとも1種を有していることを特徴とするものである。さらに具体的には、液晶性有機化合物は、電荷輸送の機能を有する化合物であることを特徴とするものである。

【0018】

これにより、本発明の導電性薄膜は、ナノチューブ（NT）と液晶性有機化合物を混合して複合した複合系化合物内部の液晶性有機化合物の分子を配向させるとともに、内部のナノチューブの分子をより良好に密に配向させ、ナノチューブ分子間の接点数を向上させて電荷輸送を良好に働かせるという簡便な方法により、有機材料の特質を有し、電気伝導率をさらに高くした導電性薄膜、あるいはキャリア移動度をさらに高くした半導体層とすることができる。

【0019】

また、詳細には、液晶性有機化合物は、ネマチック液晶相およびスメクチック液晶相の少なくとも1種を有し、 1 （ 6π 電子芳香族環）、 m （ 10π 電子芳香族環）及び／又は n （ 14π 電子芳香族環）、（ただし、 $1+m+n=1\sim 4$ 、 1 、及び n はそれぞれ $0\sim$

4の整数を表す)をコアに有することを特徴とするものである。また、さらに詳細には、液晶性有機化合物が2-フェニルナフタレン環、ビフェニル環、ベンゾチアゾール環、*t*-チオフェン環の何れか1種類またはそれ以上をコアに有し、且つほぼ棒状分子構造を有することを特徴とするものである。

【0020】

また、本発明の薄膜トランジスタは、基板上に形成された薄膜トランジスタであって、薄膜トランジスタの半導体層として、半導体性のナノチューブと液晶性有機半導体化合物の各材料を混合し、液晶性有機半導体化合物の分子を配向させるとともに、ナノチューブの分子を配向させるように複合して形成した複合系半導体層を含むように構成するものである。具体的には、半導体性のナノチューブは、半導体性のカーボンナノチューブであることを特徴とするものである。また、液晶性有機半導体化合物の液晶相がネマチック液晶相およびスメクチック液晶相の少なくとも1種を有していることを特徴とするものである。また、詳細には、液晶性有機半導体化合物が、*l* (6 π 電子芳香族環)、*m* (10 π 電子芳香族環) 及び/又は *n* (14 π 電子芳香族環)、(ただし、 $l+m+n=1\sim 4$ 、*l*、及び *n* はそれぞれ0~4の整数を表す)をコアに有することを特徴とするものである。さらに詳細には、液晶性有機半導体化合物が2-フェニルナフタレン環、ビフェニル環、ベンゾチアゾール環、*t*-チオフェン環の何れか1種類またはそれ以上をコアに有し、且つほぼ棒状分子構造を有することを特徴とするものである。

【0021】

また、本発明の画像表示装置は、本発明による導電性薄膜および薄膜トランジスタの少なくとも1種を少なくとも画素ごとに具備する画像表示装置とするものである。また、本発明の電子機器は、本発明による導電性薄膜および薄膜トランジスタの少なくとも1種を具備した半導体回路装置を有する電子機器とするものである。

【0022】

これにより、本発明の薄膜トランジスタは、その半導体層を、内部の材料分子をより良好に密に配向させるという簡便な方法により、かつ有機材料の特質を有した複合系化合物から形成させた複合系半導体層とすることにより、キャリア移動度をさらに高めた半導体層を有する薄膜トランジスタとすることができる。また、高いキャリア移動度を有する微小な形状の本発明による薄膜トランジスタや、高い電気伝導率を有する本発明による導電性薄膜を使用することにより、高精細な画像表示装置、微細な半導体回路装置、超小型の電子機器とすることができる。

【0023】

なお、以上に述べた各構成は、本発明の趣旨を逸脱しない限り、互いに組み合わせることが可能である。

【発明の効果】

【0024】

以上のように、本発明の導電性薄膜は、ナノチューブと液晶性有機化合物を混合して複合した複合系化合物内部の液晶性有機化合物の分子を配向させるとともに、内部のナノチューブの分子もより良好に密に配向させることになるので、有機材料の特質を有し、電気伝導率をさらに高くした導電性薄膜、あるいはキャリア移動度をさらに高くした半導体層とすることができる。

【0025】

本発明の薄膜トランジスタは、その半導体層を、内部の材料分子をより良好に密に配向させ、かつ有機材料の特質を有した複合系化合物から形成した複合系半導体層とするという簡便な方法により、キャリア移動度をさらに高めた半導体層を有する薄膜トランジスタとすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。なお、以下で説明する図面において、同一要素については同じ番号を付している。

【0027】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1の導電性薄膜の作成工程の一部を示す断面概念図である。図1において、導電性薄膜1は以下のように作成される。図1(a)において、薄いガラス板やプラスチック基板などからなるフレキシブルな基板2の表面上に、間隙約 $5\mu\text{m}$ を挟んで金などにより対向した2つの電極3、4が設けられる。2つの対向する電極3、4にまたがって、あるいは少なくとも間隙を覆って、以下の金属性のカーボンナノチューブ6と液晶性有機化合物7を混合して複合して作成したものを含む複合系化合物8が、その中の液晶性有機化合物7が等方相の状態において塗布される。この時、図1(a)に示す如く、金属性のカーボンナノチューブ6の分子は等方相の液晶性有機化合物7の分子間でバラバラに疎に配列している状態にある。

【0028】

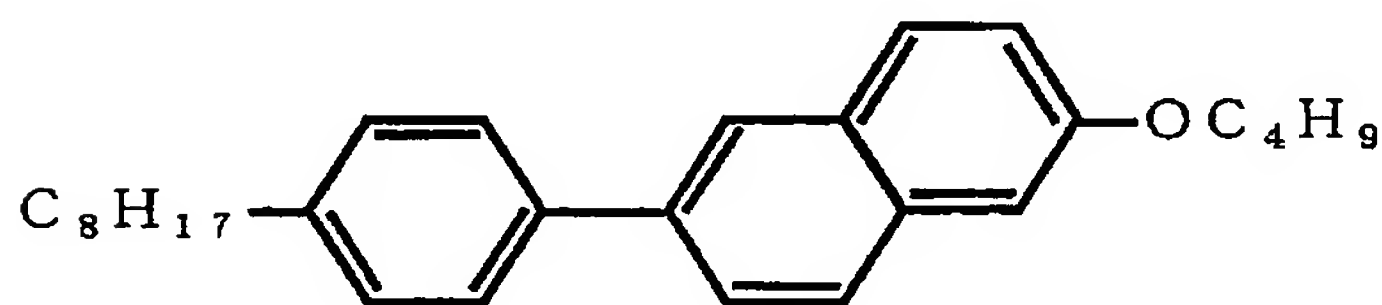
金属性のカーボンナノチューブ6には、例えば、 $(1\sim 5) \times 10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ の高い電気伝導率を有する直径 $1\sim 10\text{nm}$ 、長さ $1\sim 5\mu\text{m}$ のものを使用する。なお、使用するカーボンナノチューブは、上記形状や特性の範囲内でも範囲外でも構わない。

【0029】

液晶性有機化合物7は、(化1)に示す2-フェニルナフタレン誘導体である8-PNP- O_4 を使用し、その液晶相の内、スメクチック相であるSmA相、あるいはSmE相の状態を利用するものである。8-PNP- O_4 は、摂氏 129 度以上で等方相を示し、摂氏 125 度～摂氏 129 度の間でSmA相を示し、摂氏 55 度～摂氏 125 度の間でSmE相を示す。

【0030】

【化1】



【0031】

次に、図1(b)において、液晶性有機化合物7が等方相で塗布された複合系化合物8の温度を徐々に下げることにより、液晶性有機化合物7をSmA相、あるいはSmE相の状態に保持する。SmA相、SmE相は、スメクチック相の中でも柔軟性結晶とも言える高次の分子配向秩序度を有する。ここで、上記複合系化合物8を塗布した後、その層上にロールコーター9などにより、ほぼ一定方向にずれ応力(剪断応力)を掛ける。分子配向秩序度が優れたスメクチック相のSmA相あるいはSmE相の状態にあって液晶性有機化合物7の8-PNP- O_4 分子は良好にホモジニアス配向する。良好に配向した8-PNP- O_4 分子に沿って、これと混合された金属性のカーボンナノチューブ6からなるナノチューブ分子を、その分子配向秩序度を向上させて密に配列配向させるという簡便な方法により、導電性薄膜1を形成する。これにより、複合系化合物8内において、金属性のカーボンナノチューブ6の分子は、配列方向をほぼ一方向に揃えて配列することができるようになり、その混合充填密度を向上させてより密に配向することにより、ナノチューブ分子間の電子的な接合点密度を高くすることができる。

【0032】

実験の結果、有機材料の特質を有し、上述の方法により、金属性のカーボンナノチューブ6と液晶性有機化合物7を混合して複合して作成したものを含む複合系化合物8の分子配向秩序度を従来よりより向上させて形成した導電性薄膜1は、約 $5 \times 10^2 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ という高い値の電気伝導率を得た。

【0033】

これに対して、同じカーボンナノチューブ材料を使用し、従来技術によって作成された

複合系化合物から形成した、配向度が低い導電性薄膜は、約 $10 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ という低い値の電気伝導率であった。

【0034】

上記により、本発明の導電性薄膜は、これを形成する複合系化合物内部の液晶性有機化合物の分子を配向させるとともに、混合したカーボンナノチューブ分子もより良好に密に配向させてその充填密度を向上させることにより、カーボンナノチューブ分子間の電子的な接合点密度を高くでき、有機材料の特質を有した導電性薄膜の電気伝導率をさらに高くできる。この導電性薄膜により、微小な回路デバイスや高性能電子デバイスなどの部品や配線材料として、優れた特性を持つ低温プロセスが可能な有機系の導電性薄膜として提供することができる。

【0035】

本実施の形態1において、液晶性有機化合物である2-フェニルナフタレン誘導体のスメクチック相のSmA相あるいはSmE相を利用したが、SmB相などの液晶相でも同様に実施可能である。

【0036】

また、液晶性有機化合物として、2-フェニルナフタレン誘導体である8-PNP-O₄を使用した。8-PNP-O₁₂のSmA相あるいはSmB相のスメクチック相や、5-PNP-O₁が有するネマチック相でも構わない。

【0037】

また、上記で液晶性有機化合物として2-フェニルナフタレン誘導体を使って説明したが、分子配向秩序度が高いネマチック相やスメクチック相を有する液晶性有機化合物であれば構わない。

【0038】

また、上記でナノチューブとして、金属性のカーボンナノチューブのみを使用するとして説明したが、半導体性のナノチューブが混合されているナノチューブを使用しても構わない。

【0039】

(実施の形態2)

図2は、本発明の実施の形態2の導電性薄膜の半導体層である複合系半導体層の作成工程の一部を示す断面概念図である。図2において、半導体層14としての複合系半導体層23は以下のように形成される。あらかじめ、少なくとも基板2上において、後述する図3に示す構成と同じように相対して設けたソース電極16、ドレイン電極17の少なくとも一部と間隙を覆って、少なくともチャネル(図示省略)を形成する部分の表面に形成したポリイミド膜や単分子膜などの配向膜(図示省略)を、ラビング法などで所定の方に配向処理する。その後、半導体性のカーボンナノチューブ26と液晶性有機半導体化合物27を混合して複合したものを含む複合系化合物28を基板2上に塗布し、あるいはソース電極16、ドレイン電極17に挟まれて、液晶性有機半導体化合物27の上に設けたゲート絶縁膜13との間に注入する。

【0040】

半導体性のカーボンナノチューブ26は、例えば、キャリア移動度が約 $1000 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 、直径1~5nm、長さ約 $1 \mu\text{m}$ のものを使用する。これらの半導体性のカーボンナノチューブ26は、金属性および半導体性が混合した混合系のナノチューブから選別されたものである。

【0041】

液晶性有機半導体化合物27は、実施の形態1における(化1)に示す化合物の2-フェニルナフタレン誘導体である8-PNP-O₄を使用し、その液晶相の内、スメクチック相であるSmA相あるいはSmE相の状態を利用するものである。

【0042】

そして、基板2上に、液晶性有機半導体化合物27を等方相の状態、半導体性のカーボンナノチューブ26と混合して複合した複合系化合物28を塗布する。そして、温度を

下げることにより液晶性有機半導体化合物 27 を SmA 相あるいは SmE 相の状態に保持する。

【0043】

上記により、少なくとも基板 2 上において、それに形成された配向膜（図示省略）をラビング法などで所定の方向に配向処理しているので、分子配向秩序度が優れたスメクチック相の SmA 相あるいは SmE 相の状態にある液晶性有機半導体化合物 27 の 8-PNP-O₄ 分子が良好に配向するとともに、良好に配向した 8-PNP-O₄ 分子に従って、これと混合された半導体性のカーボンナノチューブ 26 からなるナノチューブ分子が、その分子配向秩序度を向上させて密に配列して、半導体層 14 としての複合系半導体層 23 が形成される。

【0044】

特に、液晶性有機半導体化合物 27 は、電荷輸送の機能を有する化合物であり、（化 1）に示す 8-PNP-O₄ の SmE 相からなる液晶性有機半導体化合物 27 はそれ自体で、キャリア移動度がホール、電子、ともに、 $10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ という値を得ている。この値は、ホールのキャリア移動度が a-Si:H のそれに匹敵し、電子のキャリア移動度が分子性結晶を除いた有機化合物中で最大の値に近いものが得られるということを意味している。

【0045】

これにより、複合系半導体層 23 内において、半導体性のカーボンナノチューブ 26 の分子の混合充填密度が向上してより良好に密に配向させることにより、ナノチューブ分子間における電子的な接合点密度を高くすることができる。

【0046】

実験の結果、有機材料の特質を有し、上述の方法により、半導体性のカーボンナノチューブ 26 と液晶性有機半導体化合物 27 を混合して複合して作成したものを含む複合系化合物 28 の分子配向秩序度を従来よりより向上させるという簡便な方法によって形成した導電性薄膜の半導体層 14 である複合系半導体層 23 は、約 $350 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ という高い値のキャリア移動度を得た。

【0047】

これに対して、同じ特性の半導体性のカーボンナノチューブ材料を使用した従来の複合系半導体材料から従来技術によって形成された、配向度が低い複合系半導体層のキャリア移動度は、約 $0.6 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ という低い値のものであった。

【0048】

（実施の形態 3）

図 3 は、本発明の実施の形態 3 の薄膜トランジスタの構成を示す断面概念図である。図 2 と同じ構成のものは、同じ番号を付与している。図 3 において、薄膜トランジスタ 10 は、ソース電極 16、ドレイン電極 17 を金などの電極材料により基板 2 上にパターン形成し、次に半導体層 14 として複合系半導体層 23 を後述の如く形成し、次に酸化シリコンやポリフッ化ビニリデン系有機化合物などによりゲート絶縁膜 13 を、金などによりゲート電極 15 を薄膜作成技術、フォトリソ技術、リフトオフ技術などによってそれぞれ順次パターン形成し、ゲート電極 15 をトップに形成したトップゲート型の薄膜トランジスタ 10 として形成して構成している。保護膜などは簡便のために図示していない。

【0049】

図 3 において、半導体層 14 としての複合系半導体層 23 は以下のように形成される。あらかじめ、少なくとも基板 2 上において、相対して設けたソース電極 16、ドレイン電極 17 の少なくとも一部と間隙を覆って、少なくともチャネル（図示省略）を形成する部分の表面に形成したポリイミド膜や単分子膜などの配向膜（図示省略）を、ラビング法などで所定の方向に配向処理する。そして、半導体性のカーボンナノチューブ 26 と液晶性有機半導体化合物 27 を混合して複合したものを含む複合系化合物 28 を基板 2 上に塗布する。そして、薄膜トランジスタ 10 のチャネル（図示省略）の位置を中央にして、ソース電極 16 とドレイン電極 17 に挟まれて、半導体層 14 の上にゲート絶縁膜 13 を設け

る。そして、基板 2 と上記ゲート絶縁膜 13 との間に上記複合系化合物 28 を注入する。

【0050】

半導体性のカーボンナノチューブ 26 には、例えば、混合系のカーボンナノチューブから選別された、キャリア移動度が約 $1000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、直径 $1 \sim 5 \text{ nm}$ 、長さ約 $1 \mu\text{m}$ のものを使用した。

【0051】

液晶性有機半導体化合物 27 は、実施の形態 1 における (化 1) に示す 2-フェニルナフタレン誘導体の分子化合物である 8-PNP-O_4 を使用し、その液晶相の内、スメクチック相である SmA 相あるいは SmE 相の状態を利用したものである。 8-PNP-O_4 は、摂氏 129 度以上で等方相を示し、摂氏 125 度～摂氏 129 度の間で SmA 相を示し、摂氏 55 度～摂氏 125 度の間で SmE 相を示す。

【0052】

そして、基板 2 上において、液晶性有機半導体化合物 27 を等方相の状態、半導体性のカーボンナノチューブ 26 と混合して複合した複合系化合物 28 を塗布する。そして、温度を下げることにより液晶性有機半導体化合物 27 を SmA 相あるいは SmE 相の状態に保持する。

【0053】

SmA 相、SmE 相は、スメクチック相の中でも柔軟性結晶とも言える高次の分子配向秩序度を有する。上記により、少なくとも基板 2 上において、それに形成された配向膜 (図示省略) をラビング法などで所定の方に配向処理しているので、分子配向秩序度が優れたスメクチック相の SmA 相あるいは SmE 相の状態にある液晶性有機半導体化合物 27 の 8-PNP-O_4 分子が良好に配向するとともに、これに混合された半導体性のカーボンナノチューブ 26 からなるナノチューブ分子が、良好に配向した 8-PNP-O_4 分子に従って、その分子配向秩序度を向上させて密に配列して、半導体層 14 としての複合系半導体層 23 が形成される。これにより、複合系半導体層 23 内において、電荷輸送の機能を有する化合物である液晶性有機半導体化合物 27 の分子を良好に配向させるとともに、半導体性のカーボンナノチューブ 26 をより良好に密に配向させてその混合充填密度を向上させ、ナノチューブ分子間における電子的な接合点密度を高くして良好な半導体層とすることができる。

【0054】

実験の結果、本実施の形態 3 において、薄膜トランジスタ 10 は、半導体層 14 として、有機材料の特質を有し、分子配向秩序度を従来より向上させた複合系半導体層 23 を形成することにより、薄膜トランジスタ 10 のチャンネルにおいて約 $350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ という高い値のキャリア移動度を得た。

【0055】

これに対して、同じ特性の半導体性のカーボンナノチューブ材料を使用した従来の複合系半導体材料から従来技術によって形成された、配向度が低い複合系半導体層による薄膜トランジスタのチャンネルのキャリア移動度は、約 $0.6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ という低い値のものであった。

【0056】

本実施の形態 3 により、本発明における複合系半導体層による半導体層を有する薄膜トランジスタは、これを形成する複合系半導体層内部の液晶性有機半導体化合物の分子を配向させるとともに、混合された半導体性のカーボンナノチューブ分子もより良好に密に配向させてその充填密度を向上させるという簡便な方法により、半導体性のカーボンナノチューブ分子間の電子的な接合点密度を高くでき、有機材料の特質を有した半導体層のキャリア移動度をさらに高くできる。半導体層である上記複合系半導体層による薄膜トランジスタは、微小な回路デバイスや高性能電子デバイスなどに適用でき、優れた特性を持つ低温プロセスが可能な有機系の半導体層を有する薄膜トランジスタとして提供することができる。

【0057】

また、液晶性有機半導体化合物と半導体性のカーボンナノチューブとを複合した複合系半導体層を有する半導体層による薄膜トランジスタのチャネルのキャリア移動度は、上記液晶性有機半導体化合物のみの場合の低いキャリア移動度よりもより高くすることができる。薄膜トランジスタのオン時においては、複合系半導体層における電流は半導体性のナノチューブ分子の中を流れ、近接した短距離間に配置されたナノチューブ分子間においては、周囲の液晶性有機半導体化合物の分子の中を電流が流れる。従って、キャリア移動度やオン特性が、液晶性有機半導体化合物や有機半導体化合物のみのそれより大幅に改善した薄膜トランジスタとすることができる。

【0058】

また、本発明の薄膜トランジスタは、ゲート絶縁膜13と、ゲート絶縁膜13と接触して設けた半導体層14と、ゲート絶縁膜13の一方の側に接触して半導体層14とは反対側に設けたゲート電極15と、半導体層14の少なくとも一方の側に接触してゲート電極15に対して位置合わせしてゲート電極15を挟むようにして設けたソース電極16、ドレイン電極17とを含む薄膜トランジスタであって、半導体層14が、少なくとも液晶性有機半導体化合物27と半導体性のナノチューブとを複合して形成した複合系半導体層23であるように構成したものである。

【0059】

本発明における薄膜トランジスタは、上記図3に示すような、ゲート電極15をゲート絶縁膜13上に基板2とは反対側のトップに設けたトップゲート型の薄膜トランジスタでも、また、図4に示すような図3とは別の構成である、ゲート電極15を基板2上、あるいはボトムに設けたボトムゲート型の薄膜トランジスタのいずれでも適用が可能である。

【0060】

図4において、基板2の上にゲート電極15、その上にゲート絶縁膜13を設ける。そして、ゲート絶縁膜13の上にこれを挟むように、ソース電極16、ドレイン電極17を対向させて設ける。次に、少なくともゲート絶縁膜13の上に、その2つの対向するソース電極16、ドレイン電極17にまたがって、あるいは少なくとも間隙を覆って、半導体性のカーボンナノチューブ26と液晶性有機半導体化合物27を混合して複合したものを含む複合系化合物28をソース電極16、ドレイン電極17にまたがって、あるいは少なくとも間隙を覆って、ゲート絶縁膜13上に塗布する。そして、例えば、液晶性有機半導体化合物27がスメクチック相を呈する場合において、その層上にロールコーター（図示省略）などによりほぼ一定方向にずれ応力（剪断応力）を掛ける。これにより、複合系半導体層23内において、液晶性有機半導体化合物27の分子を良好に配向させるとともに、半導体性のカーボンナノチューブ26をより良好に密に配向させてその混合充填密度を向上させることができ、ナノチューブ分子間における電子的な接合点密度を高くすることができる。これにより、薄膜トランジスタ30は、半導体層14として、有機材料の特質を有し、分子配向秩序度を従来より向上させた複合系半導体層23を形成することにより、ボトムゲート型の薄膜トランジスタ30のチャネルにおいて高い値のキャリア移動度を得ることができる。

【0061】

また、本発明の実施の形態における薄膜トランジスタの作成において、ゲート電極、ソース電極、ドレイン電極に使用できる物質は、電気導電性で、基板や半導体と反応しないものならば使用可能である。ドーピングしたシリコンや、金、銀、白金、プラチナ、パラジウムなどの貴金属や、リチウム、セシウム、カルシウム、マグネシウムなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属の他に、銅、ニッケル、アルミニウム、チタン、モリブデンなどの金属、また、それらの合金も使用できる。その他、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリフェニレンビニレンなどの導電性の有機物も使用できる。特に、ゲート電極は他の電極よりも電気抵抗が大きくても動作可能であるので、製造を容易にするためにソース電極、ドレイン電極とは異なる材料を使用することも可能である。これらの電極は、特に必要ではないが室温あるいは室温に近い温度で被着形成する室温プロセスが可能である。

【0062】

また、上記ゲート絶縁膜は、電気絶縁性で、基板や電極、半導体と反応しないものならば使用可能である。基板として先に例示した柔軟なもの以外に、シリコン上に通常のシリコン酸化膜をゲート絶縁膜として用いるのも可能であるし、さらに、酸化膜形成後に樹脂などの薄層を設けてもゲート絶縁膜として機能する。また、ゲート絶縁膜として、基板や電極と異なる元素で構成される化合物をCVDや蒸着、スパッタなどで堆積したり、溶液で塗布、吹き付け、電解付着してもよい。また、薄膜トランジスタのゲート電圧を下げるために、誘電率の高い物質をゲート絶縁膜として用いることも知られており、強誘電性化合物や強誘電体ではないが誘電率の大きな化合物を用いてもよい。さらに、無機物に限らず、ポリフッ化ビニリデン系やポリシアニン化ビニリデン系などの誘電率の大きな有機物でもよい。

【0063】

なお、本発明の実施の形態において、液晶性有機半導体化合物である2-フェニルナフタレン誘導体化合物のスメクチック相のSmA相あるいはSmE相を利用したが、SmB相などの液晶相でも同様に実施可能である。また、液晶性有機半導体分子の化合物として、2-フェニルナフタレン誘導体である8-PNP-O₄を使用した。8-PNP-O₁₂のスメクチック相でも構わない。

【0064】

また、液晶性有機半導体化合物として2-フェニルナフタレン誘導体を使って説明したが、液晶性有機半導体化合物がネマチック液晶化合物およびスメクチック液晶化合物の少なくとも1種を有して、1 (6 π 電子芳香族環)、m (10 π 電子芳香族環) 及び/又はn (14 π 電子芳香族環)、(ただし、1+m+n=1~4、1、及びnはそれぞれ0~4の整数を表す) をコアに有し、上記の各芳香族が、それぞれ同一または異なる組み合わせで、直接、あるいは炭素-炭素二重結合または炭素-炭素三重結合を介して連結器で連結されているものであれば構わない。

【0065】

6 π 電子系芳香環としては、例えば、ベンゼン環、ピリジン環、ピリミジン環、ピリダジン環、ピラジン環、トロポロン環、10 π 電子系芳香環としては、例えば、ナフタレン環、アズレン環、ベンゾフラン環、インドール環、インダゾール環、ベンゾチアゾール環、ベンゾオキサゾール環、ベンゾイミダゾール環、キノリン環、イソキノリン環、キナゾリン環、キノキサリン環、14 π 電子系芳香環としては、例えば、フェナントレン環、アントラセン環等が挙げられる。中でも2-フェニルナフタレン環、ビフェニル環、ベンゾチアゾール環、*t*-チオフェン環の何れか1種類またはそれ以上をコアに有し、かつ棒状分子構造を有する液晶性有機化合物が好ましく、さらに2-フェニルナフタレン環をコアに有し、ベンゼン環、およびナフタレン環の各々がアルキル基、アルコキシ基等の側鎖を有し、かつ棒状分子構造を有する液晶性有機化合物が好ましい。

【0066】

また、本発明において、分子配向秩序度がより高いネマチック相や上記他のスメクチック相を有する液晶性有機化合物や液晶性有機半導体化合物であれば構わない。

【0067】

また、本発明の実施の形態において、液晶性有機化合物材料あるいは液晶性有機半導体化合物材料とナノチューブ材料とは混合比率を調整して混合し複合され、ナノチューブの混合比率は、全体に対して体積比で30~90%が良い。望ましくは、50~70%のナノチューブ混合比率によって形成された導電性薄膜、半導体層および薄膜トランジスタはさらに良好な特性を示し、また、その作成プロセスにおいて扱いやすい材料とすることができる。しかし、最適な混合比率は、使用材料や工程条件や所望の特性により、上記混合比率範囲以外にも適宜変えることができる。

【0068】

また、本発明の導電性薄膜あるいは半導体層は、少なくとも有機材料の特質を生かした有機系の電子材料として、液晶性有機化合物あるいは液晶性有機半導体化合物と無機系材

料であるナノチューブとを混合して配向度を向上させて複合した複合系化合物で形成することにより、そのキャリア移動度や電気伝導率をさらに向上させるものである。液晶性有機半導体化合物とキャリア移動度や電気伝導率が高い値を有するカーボンナノチューブ材料とを混合し、これらの組成分子を良好に配向させて複合化することにより、液晶性有機半導体化合物や有機半導体化合物のみの場合における低いキャリア移動度を、より高いキャリア移動度へ向上させることができ、薄膜トランジスタのチャネル形状などの設計自由度をさらに高めることができる。

【0069】

また、上記基板としては、フレキシブルな曲げることが可能なプラスチック板や薄いガラス基板の他に、薄い厚さのポリイミドフィルムなどのしなやかな性質を有する樹脂フィルムなどの基板も使用できる。例えば、ポリエチレンフィルム、ポリスチレンフィルム、ポリエステルフィルム、ポリカーボネートフィルム、ポリイミドフィルム等が用いられる。これにより、プラスチックや樹脂フィルムを基板としたしなやかなフレキシブルなペーパーディスプレイあるいはシートディスプレイなどの用途を開くことができる。

【0070】

また、ナノチューブは、将来において、カーボン他の材料からなるナノチューブも使用できる可能性がある。

【0071】

また、本発明の薄膜トランジスタの半導体層が、少なくとも液晶性有機半導体化合物とナノチューブを複合してさらにその配向度を良好に形成した複合系半導体層であるようにしていることにより、オン状態、オフ状態とも、液晶性有機半導体化合物のみとナノチューブのみの場合における特性の従来における中間値よりさらに高い値になるので、オン、オフの片方の特性が不十分な場合の改善がさらに可能となる。例えば、キャリア移動度が低い液晶性有機半導体化合物による薄膜トランジスタの場合、そのゲート幅は約数百 μm の形状が必要となる。また、キャリア移動度が極めて高い半導体性のナノチューブによる薄膜トランジスタでは、約 $0.1\mu\text{m}$ の極微のゲート幅となり、どちらも設計上実用的ではない。これに対して、液晶性有機半導体とナノチューブとを複合して配向良く形成した複合系半導体層におけるキャリア移動度は、両者の従来における中間値よりさらに高い値であり、数 μm 程度の実用的なゲート幅で設計製作でき、長く広いチャネル領域も使えるので、オン、オフ時の導電率に合わせてチャネル形状の設計の自由度がさらに高くなる。

【0072】

上記で、本発明の薄膜トランジスタの複合系半導体層は、液晶性有機半導体と半導体性のカーボンナノチューブとが配向良く複合された構成のものとなり、それぞれの上記従来の欠点をさらに補い、長所をより強化したものとすることができる。

【0073】

図5は、本発明の薄膜トランジスタを含む半導体回路装置を利用した一例の画像表示装置を示す概念図である。図5において、実施の形態3における複合系半導体層を半導体層として有する薄膜トランジスタ（図示省略）を、少なくとも画素のスイッチング素子（図示省略）として複数個を多数配置して設け、アクティブマトリックス型の画像表示装置51（ディスプレイ）を構成する。これにより、プラスチック基板52などの上に、マトリックス型に配置した複数本の電極53、54の各交差点55近傍に配置した微細な上記薄膜トランジスタ（図示省略）からなるスイッチング素子（図示省略）で情報信号を良好な特性でON/OFFすることができる。これにより、しなやかな基板を使用した高精細な画像表示装置である、リライタブル可能なペーパーライク電子ディスプレイやシートディスプレイとすることができる。また、上記導電性薄膜や薄膜トランジスタ（図示省略）を含む半導体回路装置として、ディスプレイの周辺の駆動回路56、56aや制御回路57（コントローラ）として使用することにより、ディスプレイパネル58と上記回路を一体で製作することになるので、ナノチューブのみの場合より、機械的信頼性的に向上したしなやかなリライタブル可能なペーパーライク電子ディスプレイやシートディスプレイなどの画像表示装置とすることができる。

【0074】

上記において、アクティブマトリックス型のディスプレイパネルとして、ペーパーライクあるいはシート状のディスプレイパネルとして、液晶表示方式、有機EL方式、エレクトロクロミック表示方式（ECD）、電解析出方式、電子粉流体方式や干渉型変調（MEMS）方式などによるディスプレイパネル方式を使うことができる。

【0075】

また、情報を記録するICと無線通信用のアンテナで構成する超小型装置、すなわち、使い捨ての無線周波数ICタグ（RFIDタグ）などのIC部の駆動回路や制御回路あるいは記憶回路に、上記導電性薄膜や薄膜トランジスタを一体で形成して適用させることも可能である。これにより、シリコンチップで構成された従来の無線周波数ICタグより、全体がしなやかで壊れにくい無線周波数ICタグを構成することができる。

【0076】

また、上記導電性薄膜や薄膜トランジスタを含んだ半導体回路装置により、携帯機器や使い捨て機器、あるいはその他の電子機器などに適用させることもできる。

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明の導電性薄膜あるいは半導体層は、液晶性有機化合物の分子を配向させるとともに、内部のカーボンナノチューブの分子をより良好に密に配向させて複合し、電気伝導率をさらに高くし、あるいはキャリア移動度をさらに高くすることができる。さらにこれを半導体層として形成した薄膜トランジスタは、より微細化高性能化することができ、これらを使用した半導体回路装置をより超小型化高性能化させることができる。これらのデバイスを使用して、ペーパーライクあるいはシート状などの画像表示装置や、小型高性能半導体回路装置を使用した携帯機器や、無線ICタグなどの使い捨て機器、あるいはその他の電子機器、ロボット、超小型医療器具、その他の産業分野に利用することができ、その産業上の利用可能性は非常に広く且つ大きい。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明の実施の形態1の導電性薄膜の作成工程の一部を示す断面概念図

【図2】本発明の実施の形態2の半導体層の作成工程の一部を示す断面概念図

【図3】本発明の実施の形態3の薄膜トランジスタの構成を示す断面概念図

【図4】本発明の実施の形態3の薄膜トランジスタの別の構成を示す断面概念図

【図5】本発明の薄膜トランジスタを含む半導体回路装置を利用した一例の画像表示装置を示す概念図

【図6】従来例のカーボンナノチューブを使用した薄膜トランジスタの構成を示す断面概念図

【符号の説明】

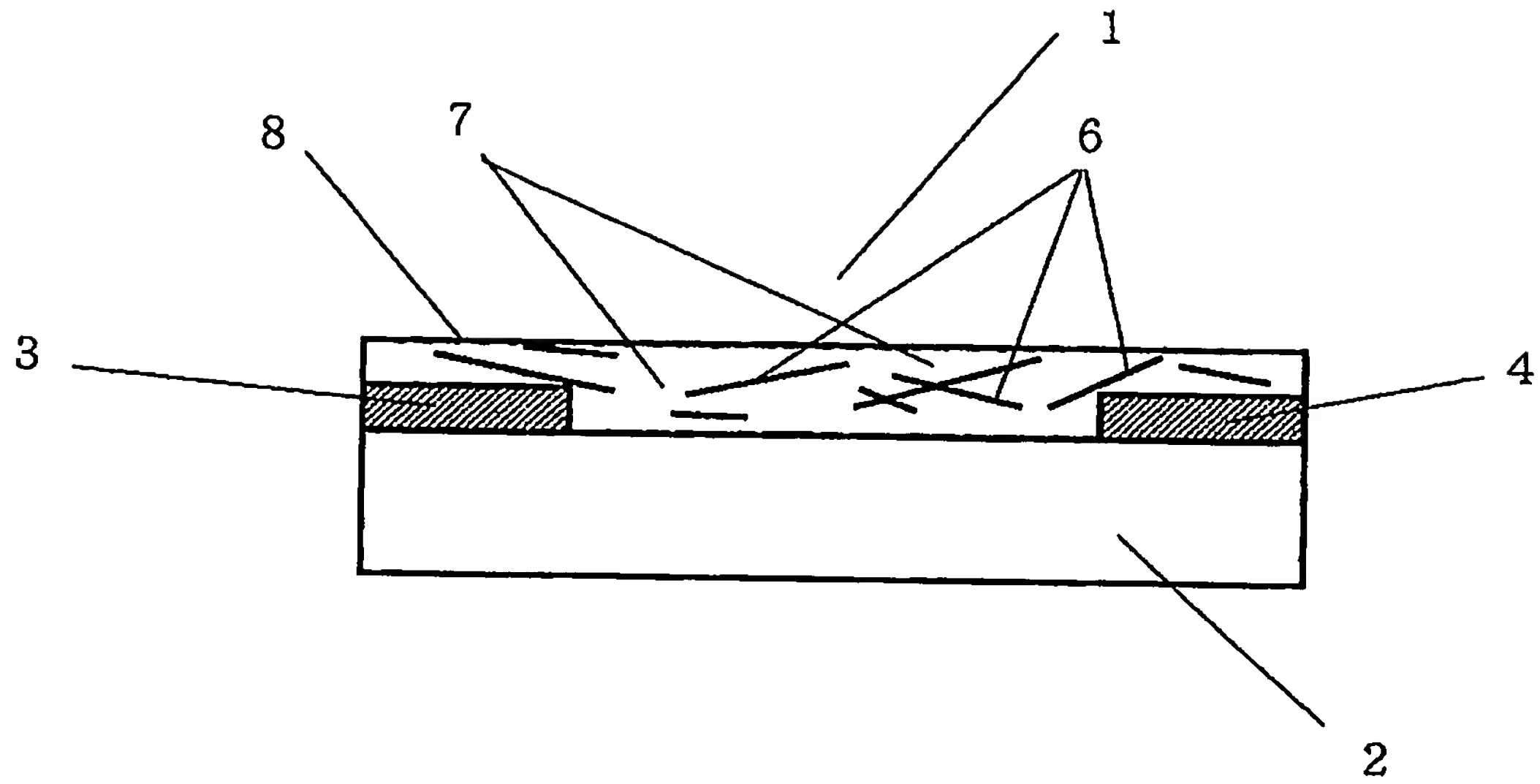
【0079】

- 1 導電性薄膜
- 2, 61 基板
- 3, 4 電極
- 6 金属性のカーボンナノチューブ
- 7 液晶性有機化合物
- 8 複合系化合物
- 9 ロールコーター
- 10, 30, 60 薄膜トランジスタ
- 13, 62 ゲート絶縁膜
- 14, 63 半導体層
- 15 ゲート電極
- 16, 64 ソース電極
- 17, 65 ドレイン電極

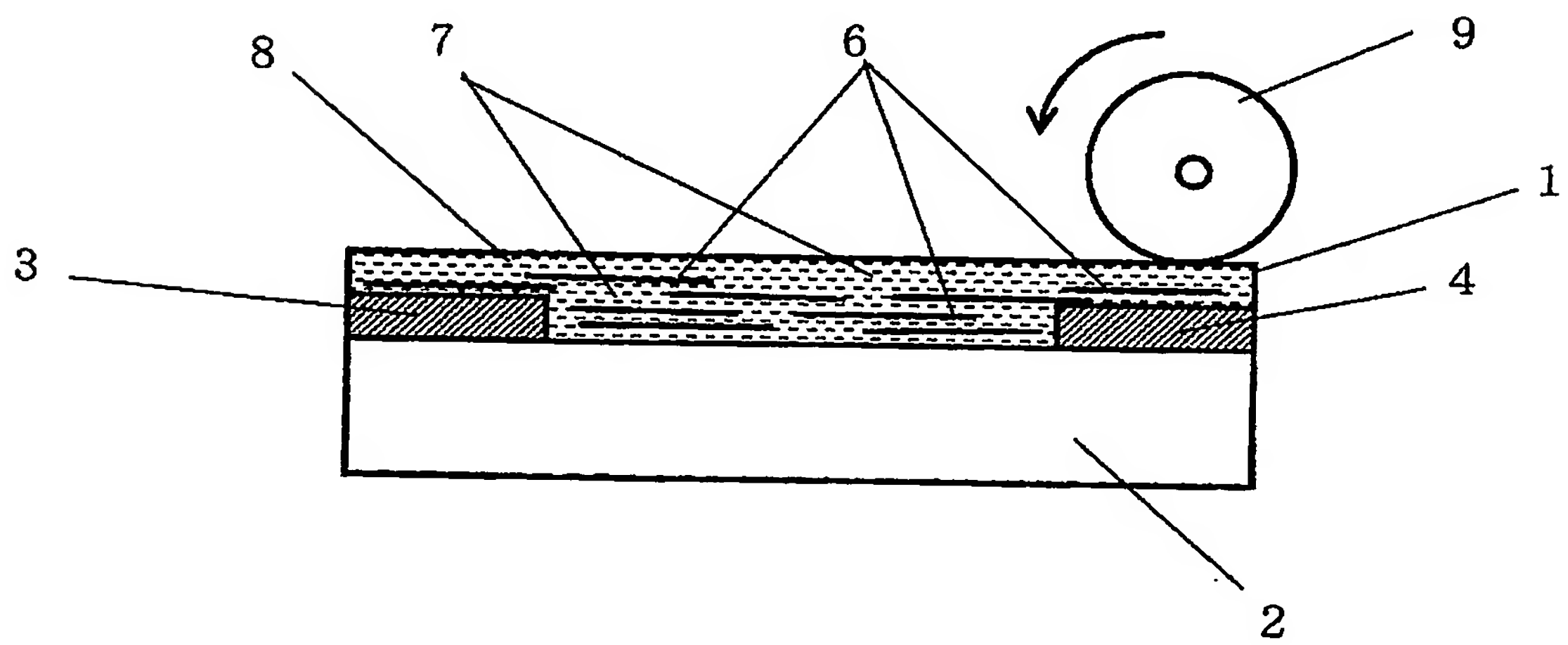
- 2 3 複合系半導体層
- 2 6 半導体性のカーボンナノチューブ
- 2 7 液晶性有機半導体化合物
- 2 8 複合系化合物
- 5 1 画像表示装置
- 5 2 プラスチック基板
- 5 3, 5 4 電極
- 5 5 交差点
- 5 6, 5 6 a 駆動回路
- 5 7 制御回路
- 5 8 ディスプレイパネル
- 6 6, 6 7 コンタクト部

【書類名】 図面
【図 1】

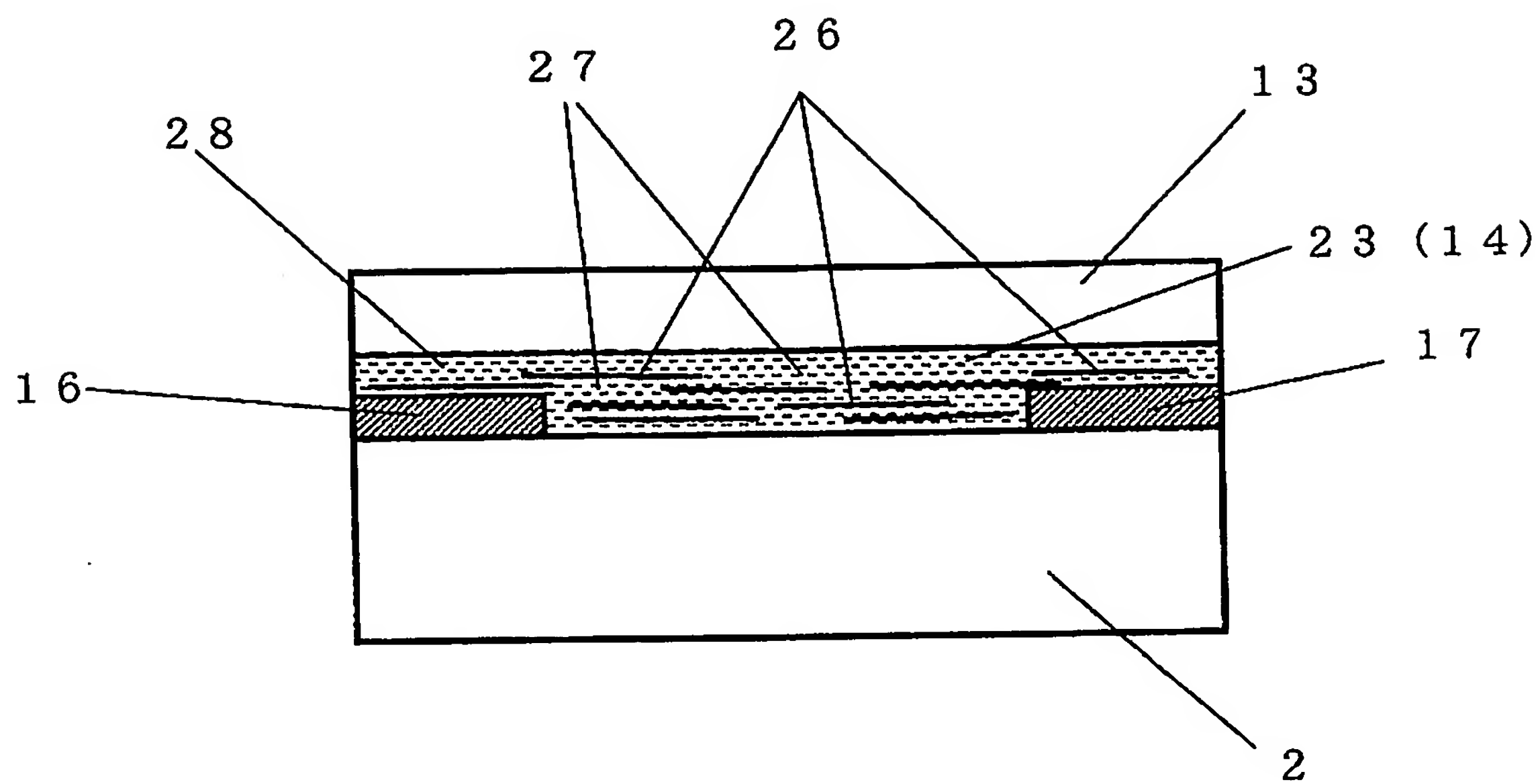
(a)



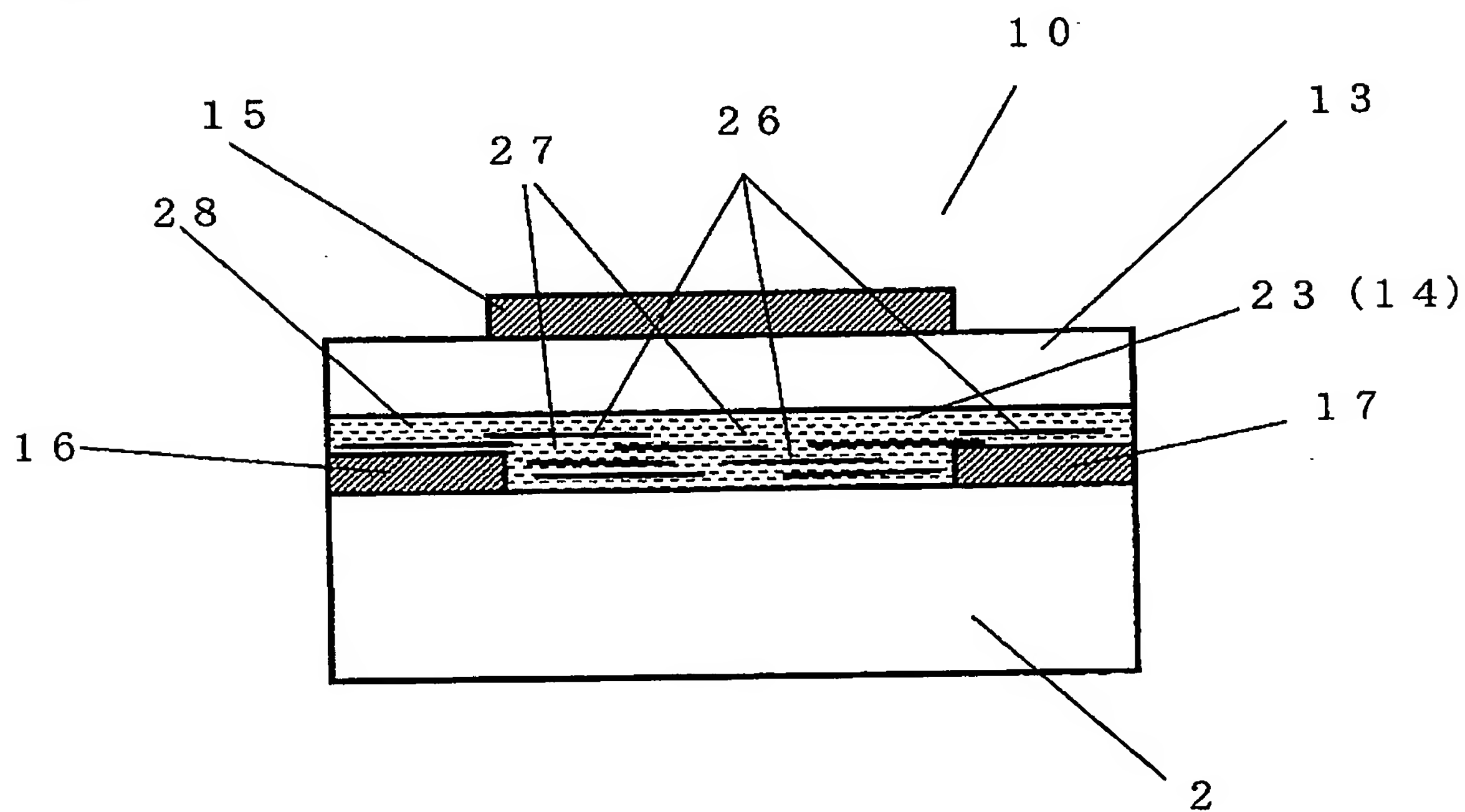
(b)



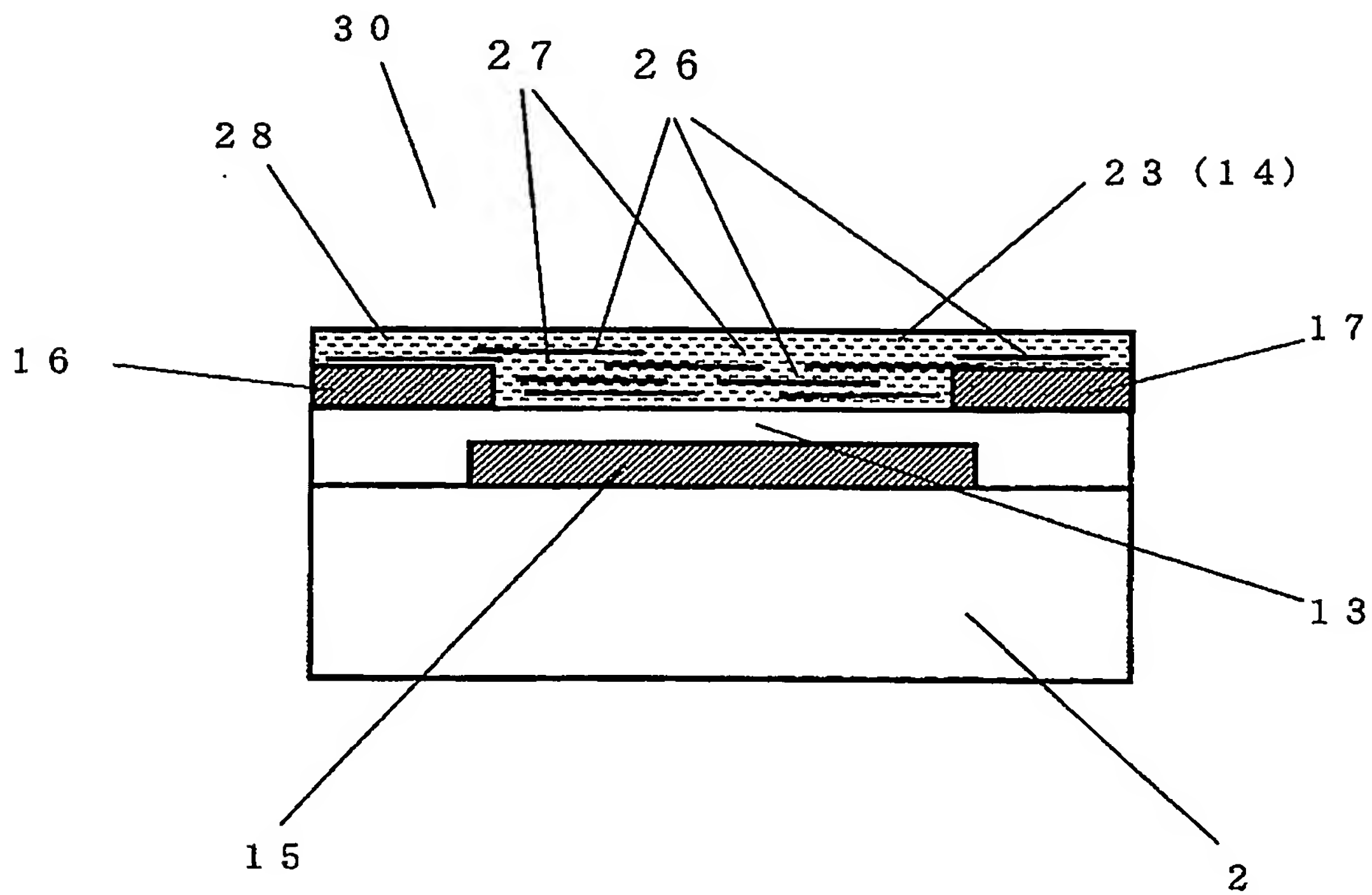
【図 2】



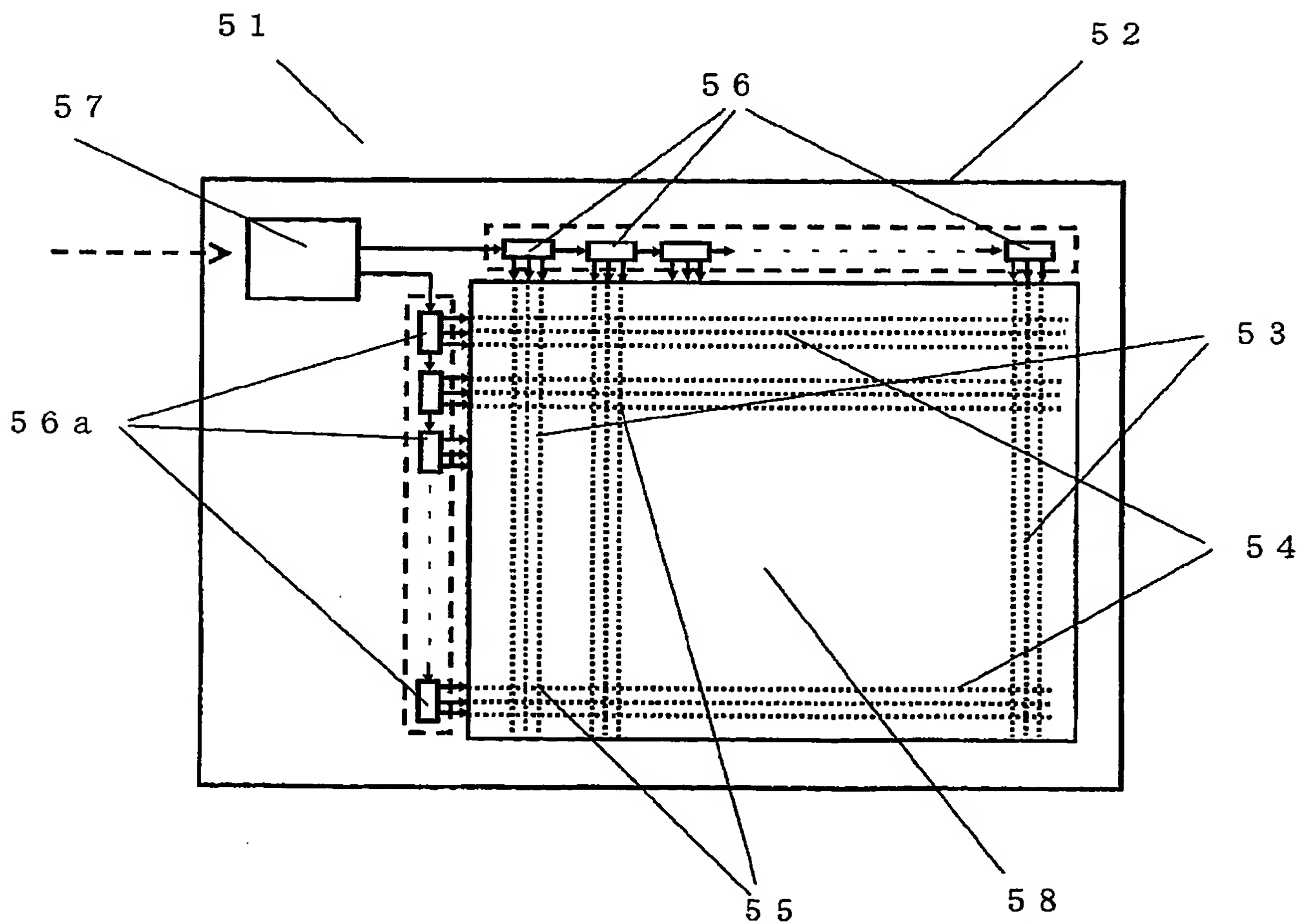
【図 3】



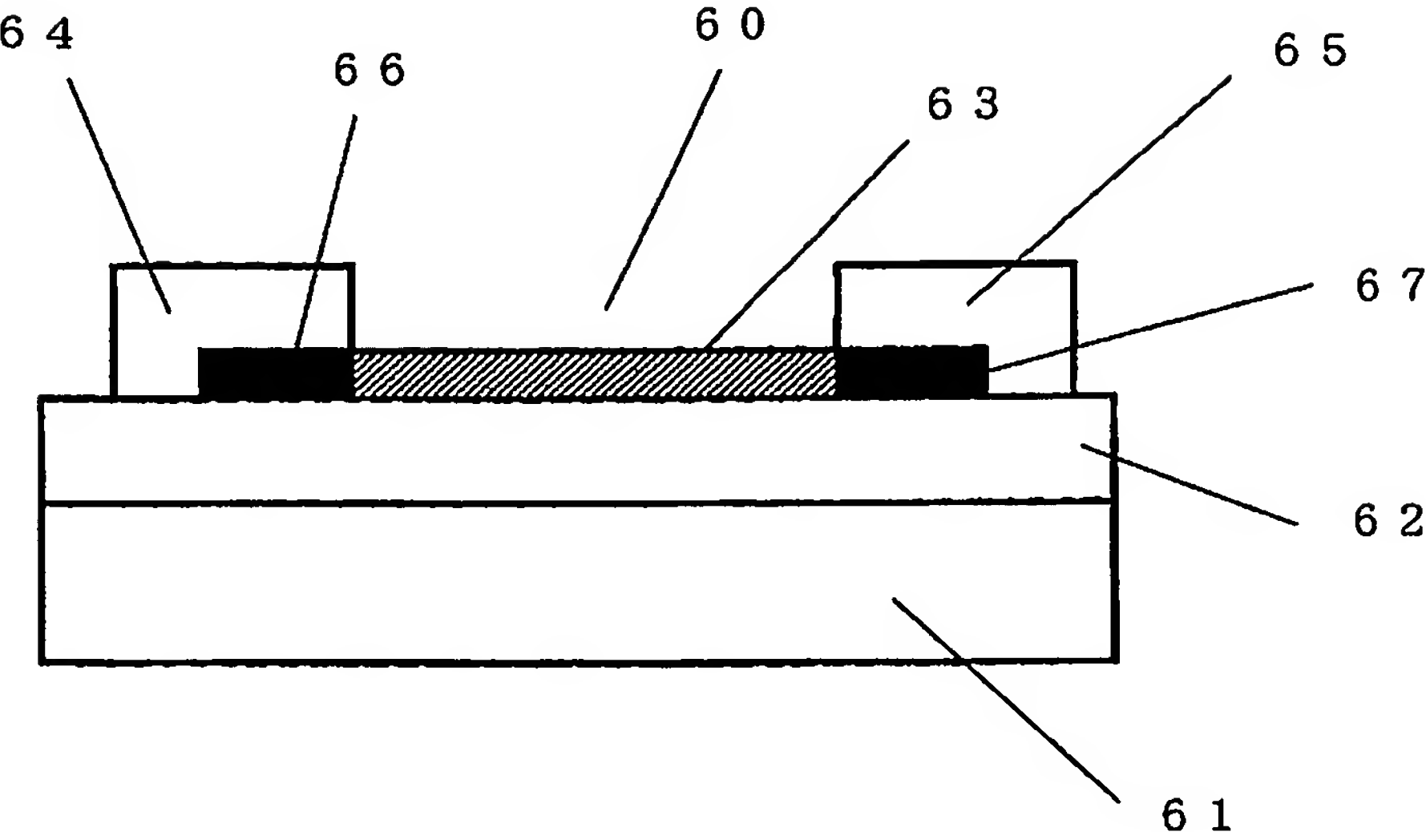
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 有機材料の特質を有した複合系電子材料の内部の有機電子材料分子とナノチューブ分子をより良好に密に配向させて形成することにより、電気伝導率やキャリア移動度をさらに高くした導電性薄膜を提供することを目的とする。

【解決手段】 基板 2 の上に、間隙を挟んで設けた電極 3、4 にまたがって塗布された複合系化合物 8 の中の液晶性有機化合物 7 をスメクチック相の状態に保持し、ロールコーター 9 による剪断応力を加えることにより、分子配向秩序度が優れたスメクチック相の状態にあつて液晶性有機化合物 7 が良好に配向するとともに、これに混合された金属性のカーボンナノチューブ 6 からなるナノチューブ分子を、その分子配向秩序度を向上させて密に配列させて、導電性薄膜 1 を形成するように構成する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 7 0 3 8 4

ページ : 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社